Die Beeinflussung der Kartoffelknolle durch äußere Verhältnisse.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt der

hohen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Georgia-Augusta

von

Hans Neumann

aus Hamburg.

Göttingen, 1925.

Tag der mündlichen Prüfung: 4. März 1925.

Referent: Professor Dr. O. Tornau.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Erschienen im
„Journal für Landwirtschaft“ herausgegeben von Dr. C. von Seelhorst.
Dreiundsiebzigster Band. Heft 1. 1925. S. 7—38.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	7
Anordnung des Versuches	8
Beobachtungen über das Wachstum der Knolle	12
Beeinflussung der Form der Kartoffel im Vegetationsversuch	16
Beeinflussung der Form der Kartoffel im Feldversuch	22
Beeinflussung der Augenzahl im Topf- und Feldversuch	27
Beeinflussung der Kartoffelschale und der Lentizellen	31
Schluß	38
Literatur	37

Lebenslauf.

Ich, Hans Neumann, wurde als Sohn des Generalsekretärs der Landwirtschaftskammer Johannes Neumann in Stettin am 8. Januar 1901 daselbst geboren. Im Juli 1919 bestand ich die Abiturientenprüfung des Heinrich-Hertz-Realgymnasiums in Hamburg. Ich trat im August des Jahres in den landwirtschaftlichen Betrieb von Langenbrütz ein und beendete meine praktische Lehrzeit nach Ablegung der Lehrlingsprüfung bei der D. L. G. im Herbst 1921. Vom Oktober 1921 bis März 1923 studierte ich in Hamburg Landwirtschaft und bestand dort am Schlusse des Wintersemesters 22/23 die Vorprüfung für das landwirtschaftliche Diplomexamen. Seit Sommersemester 1923 war ich an der Georg-August-Universität, Göttingen, immatrikuliert. Im August 1924 bestand ich das Diplomexamen für Landwirte, Ende Oktober das Saatzuchtinspektorexamen und promovierte am 4. März 1925.

Ich hörte bei den Herren Professoren Winkler, Lohmann, Raabe, Gurich, Tornau, Seedorf, Schmidt, Blanck und Lehmann, Oldenberg.

Allen meinen Lehrern bin ich zu großem Dank verpflichtet, vor allem Herrn Prof. Tornau, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit und Rat und Hilfe bei ihrer Durchführung zu verdanken habe.

Göttingen, März 1925.

Hans Neumann.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548122_0185

Die Kartoffelknollen stellen die verdickten Enden der unterirdischen Zweige der Kartoffelpflanze dar. Die Stengelnatur geht am deutlichsten aus den Augen hervor, die kleine Gruppen von Seitenknospen sind. Die Form der Kartoffelknolle ist je nach der Sorte verschieden und schwankt innerhalb der Sorte[1]), doch läßt sich die typische Form mit genügender Sicherheit feststellen. Sie wird bestimmt durch die drei Dimensionen der Länge, Breite und Tiefe und weist für die einzelnen Sorten ein bestimmtes Verhältnis auf. Für den Versuch wurde die Sorte „Heideperle" genommen, die durch Staudenauslese aus der englischen Sorte „Up to date" in Ebstorf hervorgegangen ist. Der Knollentypus nach Snell[2]) für die Gruppe „Up to date" ist: langoval, breit, etwas platt. Um ein Bild der Knollenform zn bekommen, wurde die Breite gleich 100 gesetzt und die Länge und Tiefe im Verhältnis dazu ausgedrückt. Dabei zeigt sich, daß die so erhaltenen Verhältniszahlen nicht gleich bleiben, sondern deutlich mit Zunahme der Größe der Knolle die Länge stärker wächst als Breite und Tiefe. Folgende Zahlen veranschaulichen das Gesagte:

Größe der Knollen in cm	Verhältnis
7,7 : 5,6 : 4,5	138 : 100 : 79
4,9 : 4,2 : 3,3	118 : 100 : 79

Die Form der Kartoffel ist durch äußere Faktoren beeinflußbar. Untersuchungen über die Modifikationen unterirdischer Pflanzenteile liegen in großer Anzahl vor, doch sind für die

---

[1]) Snell, Kartoffelsorten S. 21.
[2]) Ebenda S. 59.

Kartoffeln erst wenige Beobachtungen hierüber vorhanden und sind auch meistens allgemeinerer Art. Es hat aber praktischen Wert, zu wissen, in welcher Richtung und wie weit die Form der Kartoffelknolle durch bestimmte äußere Faktoren beeinflußbar ist. Es sollte die Aufgabe dieser Arbeit sein, durch fest umgrenzte Versuche eine mögliche Veränderung der Form der Kartoffelknolle festzustellen. Außerdem wurden im Anschluß daran noch einige Untersuchungen der Kartoffelschale gemacht, die, wie ältere Versuche zeigen, den Modifikationen stark unterworfen ist.

Anordnung des Versuches.

Von den Faktoren, die eine Beeinflussung ausüben, wurden gewählt: Feuchtigkeit, Düngung unter besonderer Berücksichtigung des Stickstoffes, Bodenbearbeitung und verschiedene Bodenarten. Zur Feststellung des Einflusses der Feuchtigkeit standen 108 Vegetationstöpfe von 25 cm Lichtweite und 32 cm Höhe zur Verfügung. Die Hälfte der Töpfe wurde mit diluvialem Lehm aus dem Leinetal, die andere Hälfte mit einem Gemisch von Humus und Sand im Verhältnis 1:1 gefüllt. Je 18 Töpfe mit Lehm und humosem Sand wurden auf gleicher Höhe der Wasserkapazität gehalten. Geprüft wurden drei verschiedene Höhen der Feuchtigkeit und zwar von 40, 55 und 75% der vollen Wasserkapazität. Von den 18 Töpfen gleicher Feuchtigkeit erhielten je 6 Töpfe eine verschiedene Düngung von K + P, K + P + N und 3 (K + P) + 2 N. Die Höhe der Düngung betrug je Topf 1,5 g K_2O, 1 g P_2O_5 und 1 g N in Form von 40prozent. Kalisalz, Superphosphat und schwefelsauren Ammoniak. Der Plan des Topfversuches ist auf Seite 9 oben angegeben.

Außerdem wurden noch je 12 Töpfe mit Lehmboden und humosem Sand aufgestellt, die zwar bei gleicher Düngung aber wechselnder Feuchtigkeit gehalten wurden. Je 6 Töpfe mit Lehm und humosem Sand erhielten während der ersten Hälfte der Vegetationszeit so viel Wasser, daß sie stets 40%, in der zweiten Hälfte stets 75% der vollen Wasserkapazität zeigten. Je 6 Töpfe wurden umgekehrt behandelt. Leider mußten die Töpfe, die zuerst eine Feuchtigkeit von 75% hatten, in der zweiten Hälfte der Vegetationszeit auf der Höhe von 55% anstelle der beabsichtigten 40% gehalten werden, da sich die Pflanzen schon so

Anordnung der Topfversuche.

1.

Lehm			humoser Sand		
Nr.	Wasser in Proz. der Kapazität	Düngung	Nr.	Wasser in Proz. der Kapazität	Düngung
1—6		K + P	55—60		K + P
7—12	40%	K + P + N	61—66	40%	K + P + N
13—18		3(K + P) + 2N	67—72		3(K + P) + 2N
19—24		K + P	73—78		K + P
25—30	55%	K + P + N	79—84	55%	K + P + N
31—36		3(K + P) + 2N	85—90		3(K + P) + 2N
37—42		K + P	91—96		K + P
43—48	75%	K + P + N	97—102	75%	K + P + N
49—54		3(K + P) + 2N	103—108		3(K + P) + 2N

stark entwickelt hatten, daß sie bei geringerer Wassermenge vertrockneten. Die Anordnung ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

2.

Nr.	Boden	Wasser in Proz. der Kapazität	Düngung
110—116 . . .	Lehm	bis 24. Juli 40%	K + P + N
123—128 . . .	humoser Sand	ab 24. „ 75 „	
116—122 . . .	Lehm	bis 24. „ 75 „	
129—136 . . .	humoser Sand	ab 24. „ 55 „	

Um die Entwicklung der Kartoffel zu verschiedenen Vegetationszeitpunkten beobachten zu können, wurde noch ein Topfversuch angesetzt, bei dem die Pflanzen in vier aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten aufgenommen wurden.

Für die Feldversuche stand eine Gesamtfläche von 700 qm auf dem Göttinger Versuchsfelde zur Verfügung. Es wurden folgende Faktoren variiert: Düngung, Standweite und Bodenbearbeitung. An Düngung wurde gegeben: Stickstoff in Form von Natronsalpeter, schwefelsaurem Ammoniak und Harnstoff, Stallmist und Stallmist + K + P + N. Die verabreichte Menge an Dünger betrug 2 Ztr. schwefelsaures Ammoniak, 1 Ztr. 50prozent. Kali und $^3/_4$ Ztr. Superphosphat pro Morgen. Die Standweite wechselte zwischen 80 × 50 cm, 40 × 50 cm und 40 × 25 cm, was einer Standraumfläche von 4000 qcm, 2000 qcm bezw. 1000 qcm entspricht. Die Bodenbearbeitung war insofern verschieden, als ein Teil der Versuchsreihen intensiv bearbeitet und gehäufelt wurde, während die Ver-

gleichsreihen nur soweit gehackt wurden, daß sie unkrautfrei waren, und eine Behäufelung unterblieb. Jeder Versuch wurde dreimal wiederholt. Die Größe der Teilstücke richtete sich nach dem Flächeninhalt, den 30 Pflanzen einnahmen. Die Anlage des Versuches geht aus der folgenden Übersicht am besten hervor. Die Wiederholungen sind nicht miteingezeichnet.

Stalldung behäufelt		
4000 qcm	2000 qcm	1000 qcm
I_1	I_2	I_3
Stalldung unbehäufelt		
4000 qcm	2000 qcm	1000 qcm
II_1	II_2	II_3
Stalldung + (K + P + N) behäufelt		
4000 qcm	2000 qcm	1000 qcm
III_1	III_2	III_3
Stalldung + (K + P + N) unbehäufelt		
4000 qcm	2000 qcm	1000 qcm
IV_1	IV_2	IV_3
ohne Stalldung behäufelt		
4000 qcm	2000 qcm	1000 qcm
V_1	V_2	V_3
ohne Stalldung unbehäufelt		
4000 qcm	2000 qcm	1000 qcm
VI_1	VI_2	VI_3

Die Versuche mit den verschiedenen Stickstoffdüngern wurden normal bearbeitet, und gehäufelt. Die Teilstücke erhielten eine Düngung von 40 Pfd. reinem Stickstoff je Morgen.

Die Versuche mit verschiedenen Bodenarten wurden in 40 von Herrn Geheimrat v. SEELHORST angelegten Steinkästen durchgeführt. Es handelt sich um 4 Bodenarten mit je 10 Kästen; jeder Steinkasten mißt 1 qm in der Oberfläche und wurde mit 4 Pflanzen besetzt. Alle Kästen erhielten eine Grunddüngung von 10 g K_2O und 5 g P_2O_5 und je 5 Kästen eine Düngung von 8 g N in Form von Ammoniak, was einer Düngung von 50 Pfd. K_2O, 25 Pfd. P_2O_5 und 40 Pfd. N je Morgen entspricht.

Als Versuchssorte diente, wie schon erwähnt, Heideperle aus Ebstorf. Die Versuchspflanzen waren durch Ausstechen je eines

Auges, das mit einer bestimmten Menge Fleischansatzes versehen war, aus den Kartoffelknollen gewonnen worden. Während beim Auspflanzen ganzer Knollen das Ausgangsmaterial hinsichtlich Triebzahl und Gewicht des Nährstoffvorrates große Ungleichheiten aufweist, wird durch dieses Verfahren eine größere Gleichheit für diese beiden Faktoren bewirkt. Unterschiede einer verschiedenen Wertigkeit der Augen sind natürlich nicht zu vermeiden, wenn auch nur Kronenaugen zur Verwendung kamen.

Die Augen wurden vom 11.—14. April ausgestochen, in Kästen mit Sand gesteckt und im Warmhaus vorgetrieben. Nach 4 Wochen hatten sie eine Höhe von 15—20 cm erreicht und wurden dann aufs Feld bezw. in die Töpfe verpflanzt. Das Auspflanzen aufs Feld geschah vom 15.—20. Juni. Da das Wetter warm war und genügend Regen fiel, wuchsen die Pflanzen gut an, so daß wenig Fehlstellen nachzupflanzen waren. Die Witterung des Versuchsjahres war im Anfang der Entwicklung der Kartoffelpflanzen günstig. Es herrschte warmes trocknes Wetter mit gelegentlichen geringen Niederschlägen. Von der zweiten Hälfte des Juni an wurde die Witterung sehr niederschlagsreich. Durch das feuchtwarme Wetter schossen besonders die mit Stallmist gedüngten Teilstücke sehr stark ins Kraut. Die Niederschlagsmengen des Versuchsjahres im Vergleich zum Vorjahr zeigt folgende Übersicht:

Monat	Regenhöhe in Millimeter		Lufttemperatur 6 Uhr abends	
	1924	1923	1924	1923
April	64,8	55,0	9,2	10,0
Mai	68,6	126,0	18,3	13,7
Juni	48,7	62,9	18,6	13,0
Juli	91,0	51,7	19,7	21,8
August	130,7	61,2	17,3	18,4
September . . .	114,8	45,4	16,0	15,5

Die feuchtwarme Witterung des Augusts begünstigte im starken Maße das Auftreten der Phytophthora infestans, die in diesem Jahre sehr verbreitet war. Am 13. August machten sich die ersten Anzeichen der Kartoffelkrankheit bemerkbar. Am 15., 18. und 23. des Monats wurden die Kartoffeln mit einer 2 prozent. Kupferkalkbrühe gespritzt. Der üppige Stand der Kartoffelpflanzen erschwerte die Bespritzung außerordentlich, und bald folgender Regen machte zum Teil diese Bekämpfungsmaßregel

wirkungslos. Anfang September waren die Blätter der mit Stallmist gedüngten Parzellen gänzlich vernichtet, während die Teilstücke ohne Stallmist sowie die nur mit N gedüngten und die Pflanzen in den Steinkästen weniger stark unter der Kartoffelkrankheit zu leiden hatten. Die letzteren zeigten bis zur Ernte noch frisches Laub. Die Ernte begann am 11. September und war am 19. des Monats beendet. Durch den Befall der Kartoffeln mit der Kartoffelkrankheit ist die Vegetationszeit für den Feldversuch um 2—3 Wochen verkürzt worden. Zum größten Teile waren die Knollen ausgewachsen, so daß die morphologischen Eigenschaften zur Untersuchung gelangen konnten, während von der Bestimmung des Stärkegehaltes beim Feldversuch abgesehen werden mußte. Die Übereinstimmung der Resultate des Vegetationsversuches mit denjenigen des Feldversuches rechtfertigen eine Auswertung des letzteren.

Beobachtungen über das Wachstum der Knolle.

Eine genaue Beschreibung und grundlegende Arbeit der Entwicklungsgeschichte der Knolle bringt DE VRIES in seinen Aufsätzen in den landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1878, aus denen kurz folgendes angeführt sei. Die Spitze des unterirdischen Ausläufers schwillt zur Knolle an. Welche Ursachen die Anschwellung bedingen ist noch unklar. Bei ihrer Anlage besteht die Knolle noch aus einer viel geringeren Anzahl von Stengelgliedern als im reifen Zustande. Die Blattschuppen sind an der jugendlichen Kartoffel sehr deutlich entwickelt und groß; später bleiben sie im Wachstum zurück, und die Knolle trägt nur noch die Narbe, die als Augenbogen bezeichnet wird. Anfangs sind die Internodien noch zu erkennen, werden aber durch das Dickenwachstum immer undeutlicher und sind an der reifen Knolle nur noch durch die Anzahl der Augen zu zählen. Das Längenwachstum findet vorwiegend in der gleich unterhalb der Endknospe liegenden Region statt. Dadurch werden die Augen oder Seitenknospen, die dort sehr dicht beisammen sitzen, auseinandergerückt. Gleichzeitig mit diesem Längenwachstum der jüngeren Querzonen dehnen sich die älteren Partien in die Dicke. Je nach dem Verhältnis des Längen- und Dickenwachstums bekommen die Knollen eine längliche oder rundliche Form. Das Dicken-

wachstum der Knolle wird durch die Tätigkeit des Kambiums bedingt, das nach außen wenig, nach innen aber viel neues Gewebe abgibt und zum größten Teil aus großzelligem Parenchym besteht. Eine zweite Ursache der Dickenzunahme ist die Vergrößerung aller parenchymatischen Zellen.

Für den Vegetationsversuch zur Untersuchung des Wachstums der Knolle zu verschiedenen Zeitpunkten standen 48 Töpfe von 25 cm Lichtweite und 20 cm Höhe zur Verfügung, von denen die Hälfte eine Stickstoffgabe erhielt. Alle Töpfe wurden auf einer Feuchtigkeit von 55% der vollen Wasserkapazität gehalten. Am 26. Juli, 14. August, 3. und 20. September wurden je 6 Töpfe mit und ohne N aufgenommen und die Knollen gemessen. Die Ergebnisse der Messungen liegen in der Zahlentafel auf dieser Seite vor. Bei den Töpfen ohne N zeigte das Kraut bereits am 14. August ein Verfärben. Die Knollen waren als ausgereift anzusprechen. Bei der Versuchsreihe mit N war ein Abwelken des Krautes erst am 20. September erfolgt. Äußerlich unterschieden sich beide Versuchsreihen durch die stärkere Laubentwicklung der mit N gedüngten Pflanzen. Ein Bild davon geben die Zahlen der folgenden Tabelle 3, die von den Pflanzen der am 3. September geernteten Töpfe gewonnen sind.

1. ohne N

Tag der Aufnahme	Länge	Breite	Tiefe
26. Juli	2,600 ± 0,166	2,347 ± 0,143	2,189 ± 0,116
14. August . . .	3,556 ± 0,238	3,250 ± 0,199	2,850 ± 0,156
3. September . .	3,767 ± 0,265	3,147 ± 0,212	2,913 ± 0,167
20. „ . .	3,371 ± 0,233	2,865 ± 0,211	2,447 ± 0,190

2. mit N

26. Juli	2,786 ± 0,342	1,871 ± 0,123	1,657 ± 0,101
14. August . . .	3,245 ± 0,219	2,621 ± 0,168	2,221 ± 0,127
3. September . .	3,870 ± 0,256	3,125 ± 0.189	2,681 ± 0,155
20. „ . .	4,810 ± 0,325	3,593 ± 0,215	3,033 ± 0,196

3.

	ohne N	mit N
Höhe des Krauts	22 cm	63 cm
Gewicht des Krauts	27,1 g	128,3 g
Trockensubstanz des Krauts .	11,7%	16,6%

Die Zeit der Knollenbildung wird durch die Stickstoffgabe verspätet; während bei den Pflanzen ohne N am 26. Juli die Knollenbildung bereits beendet ist, dauert sie bei den mit N

gedüngten Pflanzen bis zum 14. August. Zahl und Größe der Knollen wird durch die Stickstoff-Gabe erhöht. Die endgültige Größe der Knollen ist mit dem Zeitpunkt, wo das Kraut anfängt sich zu verfärben, erreicht doch findet noch eine Erhöhung des Stärkegehaltes statt.

Zahl der Knollen am	ohne N	spez. Gewicht	mit N	spez. Gewicht
26. Juli . . .	3,17 ± 0,44	0,99	1,17 ± 0,72	0,93
14. August . .	2,84 ± 0,36	1,04	6,33 ± 0,28	1,06
3. September .	2,50 ± 0,20	1,06	6,00 ± 0,42	1,07
20. „ .	2,67 ± 0,30	1,08	5,00 ± 0,88	1,09

Da bei den Versuchsreihen ohne N die Größenentwicklung der Knollen bereits in der Ernte vom 14. August beendet ist, so kann eine Betrachtung des Wachstums der Kartoffel nicht bei ihnen erfolgen, sondern muß sich auf die Versuchsreihe der mit N gedüngten beschränken. Die Zunahme der einzelnen Dimensionen während des Versuches veranschaulichen folgende Zahlen:

Zuwachs in Zentimeter	Länge	Breite	Tiefe
vom 26. Juli—14. August	0,459	0,750	0,564
„ 14. August—3. September . .	0,625	0,504	0,460
„ 3.—20. September	0,940	0,468	0,352
Summe	2,024	1,722	1,376

In der ersten Wachstumsperiode zeigt das Dickenwachstum größere Ausmaße und wird mit zunehmender Größe der Knolle geringer, während das Längenwachstum gegen Ende der Vegetationszeit zunimmt und in der letzten Periode die größte Zunahme zeigt. Das Verhältnis der Zunahme der einzelnen Dimensionen, die Breite = 100 gesetzt, zeigt bei einem entsprechenden Vergleich der Zuwachszahlen der Versuchsreihe mit Stickstoff vom 3.—20. September und ohne Stickstoff vom 26. Juli bis 14. August, daß durch die Zugabe von Stickstoff das Längenwachstum verstärkt worden ist, während beim Dicken-

Zuwachs in Zentimeter	Länge	Breite	Tiefe
vom 3.—20. September mit N . .	0,94	0,47	0,35
Verhältniszahlen	200	100	75
vom 26. Juli—14. August ohne N .	0,96	0,75	0,59
Verhältniszahlen	127	100	79

wachstum das Verhältnis der Breite zur Tiefe weiter ist und die Kartoffel flacher wird. Dasselbe Bild zeigt sich bei der Betrachtung der Verhältniszahlen der Form, die Breite = 100 gesetzt.

	ohne N	mit N
am 26. Juli	112 : 100 : 93	149 : 100 : 88
„ 14. August	109 : 100 : 88	124 : 100 : 85
„ 3. September . .	120 : 100 : 92	124 : 100 : 86
„ 20. „ . .	118 : 100 : 85	134 : 100 : 84
im Durchschnitt	112 : 100 : 90	133 : 100 : 86

Durch N ist die Knolle länger und flacher geworden. Der Vergleich der relativen Längenzahlen und Tiefenzahlen der verschiedenen Perioden bei der Versuchsreihe mit N läßt wiederum erkennen, wie zunächst das Längenwachstum zurück bleibt und in der letzten Periode stark zunimmt, während die Knolle allmählich etwas flacher wird. Die Verlängerung der Form durch N zeigt sich in den Versuchen immer wieder. Sie ist unabhängig von der Größenentwicklung der Knolle.

Die verhältnismäßig hohe Längenzahl bei den am 26. Juli geernteten Knollen 149 deutet auf ein intensives Längenwachstum der gleich unterhalb der Endknospe liegenden Region im jüngeren Stadium der Knolle hin. Einen sicheren Schluß läßt die Beobachtung aber nicht zu, da der mittlere Fehler zu groß ist. Es folgt ein stärkeres Dickenwachstum; erst gegen das Ende der Größenentwicklung findet wieder ein intensives Längenwachstum statt.

Bei der Anlage besitzt die Knolle eine geringere Anzahl Augen als im Reifezustande.[1]) Eine vermehrte Bildung von Augen findet während des Längenwachstums der noch bildungsfähigen Endknospe statt. In dem Stadium, in welchem die erste Untersuchung stattfand, also in einer Größe von 2,7 cm Länge, ist die Augenanlage wahrscheinlich bereits beendet. Die geringe Steigerung der Augenzahl, wie sie beide Versuchsreihen aufweisen, ist darauf zurückzuführen, daß bei kleineren Knollen ein genaues Zählen von Augen durch ihr sehr enges Zusammensitzen an der Endknospe Schwierigkeiten macht.

---

[1]) DE VRIES, Jahrbuch 1878 S. 638.

Anzahl Augen	ohne N	mit N
am 26. Juli	5,16 ± 0,24	5,43 ± 0,53
„ 14. August . . .	6,56 ± 0,31	5,11 ± 0,32
2. September . .	7,00 ± 0,28	6,70 ± 0,36
„ 20. September . .	6,88 ± 0,41	7,17 ± 0,56

Beeinflussung der Form der Kartoffel in dem Vegetationsversuch.

Die Kartoffeln des Topfversuches wurden am 8. Oktober geerntet. Die Knollen wurden gewogen, die Länge, Breite und Tiefe gemessen, die Augen gezählt und der Stärkegehalt festgestellt. Die Ergebnisse zeigt die Tabelle Seite 17. Durch eine einfache N-Düngung ist eine Vergrößerung der Knolle eingetreten wie z. B. die Längenzahlen bei einer Düngung von K + P bei 40 % Feuchtigkeit mit 5,70 ± 0,36 gegenüber K + P + N bei 40 % Feuchtigkeit mit 7,00 ± 0,57 deutlich zeigen. Die starke Düngung von 3(K + P) + 2 N hat dagegen im allgemeinen die Knollengröße gegenüber den mit einfach K + P + N oder K + P gedüngten Pflanzen verringert. Eine Ausnahme machen die Töpfe Nr. 85 bis 90 mit hum. Sand mit 55 % Feuchtigkeit. Es brachten

	hum. Sand		
	40 %	55 %	75 %
K + P	6,27 ± 0,41	5,79 ± 0,17	6,75 ± 0,32
3(K + P) + 2 N .	5,75 ± 0,35	7,79 ± 0,39	6,19 ± 0,15

Das abweichende Verhalten der Versuchsreihen bei 55 % ist auf die geringe Knollenbildung dieser Töpfe zurückzuführen. Es hatten Anzahl Knollen je Staude

3(K + P) + 2 N	Lehm	hum. Sand
40 % . . .	4,5	2,8
55 % . . .	5,2	3,0
75 % . . .	8,3	8,3

Das Wachstum der wenigen Knollen ist bei der reichlichen Nährstoffzufuhr verstärkt worden. Der Stockertrag ist sowohl bei den Reihen mit Lehm als auch mit hum. Sand durch eine vermehrte Wasserzufuhr gleichmäßig gesteigert geworden wie die nachstehenden Zahlen zeigen:

	Stockertrag je Pflanze in g	
3(K + P) + 2 N	Lehm	hum. Sand
40 % . . .	120	90
55 % . . .	322	369
75 % . . .	498	501

% der vollen Wasserkap.		Art der Behandlung	Nr.	Zahl Knollen je Pflanze	Roh-ertrag je Pflanze in g	Gesamtgewicht Länge	Breite	Tiefe	% Stärke
Lehm	40 %	K + P	1— 6	7,0	192	5,700 ± 0,359	4,539 ± 0,170	3,656 ± 0,122	14,0
		K + P + N	7— 12	3,3	195	7,000 ± 0,574	4,769 ± 0,330	3,877 ± 0,224	13,8
		3 (K + P) + 2 N	13— 18	4,5	120	5,920 ± 0,378	4,080 ± 0,158	3,407 ± 0,115	12,3
	55 %	K + P	19— 24	3,4	296	6,950 ± 0,294	5,707 ± 0,208	4,741 ± 0,168	12,1
		K + P + N	25— 30	4,0	372	7,164 ± 0,278	5,435 ± 0,206	4,485 ± 0,176	14,5
		3 (K + P) + 2 N	31— 36	5,2	322	6,116 ± 0,268	4,872 ± 0,163	4,032 ± 0,146	11,3
	75 %	K + P	37— 42	4,8	322	6,385 ± 0,397	5,028 ± 0,189	4,157 ± 0,122	13,5
		K + P + N	43— 48	5,5	358	6,795 ± 0,404	5,076 ± 0,230	4,209 ± 0,178	13,5
		3 (K + P) + 2 N	49— 54	8,3	498	6,226 ± 0,291	4,983 ± 0,227	4,032 ± 0,169	12,4
- hum. Sand	40 %	K + P	55— 60	4,0	204	6,271 ± 0,406	5,021 ± 0,166	4,000 ± 0,142	14,5
		K + P + N	61— 66	3,3	211	6,312 ± 0,385	4,869 ± 0,298	3,831 ± 0,179	12,9
		3(K + P) + 2 N	67— 72	2,8	90	5,755 ± 0,349	3,945 ± 0,100	3,333 ± 0,110	11,3
	55 %	K + P	73— 78	7,5	390	5,791 ± 0,168	4,859 ± 0,106	3,965 ± 0,105	13,7
		K + P + N	79— 84	7,8	507	6,580 ± 0,308	5,108 ± 0,152	4,124 ± 0,155	13,6
		3(K + P) + 2 N	85— 90	3,0	369	7,794 ± 0,399	5,789 ± 0,168	4,623 ± 0,174	14,6
	75 %	K + P	91— 96	6,2	459	6,746 ± 0,315	5,105 ± 0,131	4,211 ± 0,150	15,2
		K + P + N	97—102	6,2	552	7,229 ± 0,347	5,504 ± 0,165	4,544 ± 0,147	13,9
		3(K + P) + 2 N	103—108	8,3	501	6,194 ± 0,154	4,855 ± 0,094	4,018 ± 0,093	13,9

Die Erhöhung der Feuchtigkeit von 40 % der vollen Kapazität auf 55 % vergrößerte die Knolle. Die weitere Erhöhung von 55 % auf 75 % bewirkte bei den Töpfen mit hum. Sand ein weiteres Steigen. Es betrug die Knollengröße bei den Töpfen mit hum. Sand und einer Düngung von K + P + N

	Länge	Breite	Tiefe
bei 40 %	6,31 ± 0,39	4,87 ± 0,30	3,83 ± 0,18
„ 55 %	6,58 ± 0,31	5,11 ± 0,15	4,12 ± 0,16
„ 75 %	7,23 ± 0,35	5,50 ± 0,17	4,54 ± 0,15

Bei den Töpfen mit Lehm brachte die Steigerung der Wasserzufuhr von 55 auf 75 % eine üppigere Krautentwicklung und erniedrigte die Knollengröße etwas. Die Versuchsreihen zeigen für Lehm K + P bei

40 % eine Länge von 5,70 ± 0,36 cm
55 „ „ „ „ 6,95 ± 0,29 „
75 „ „ „ „ 6,39 ± 0,39 „

Die Knollenzahl wird durch vermehrte Wasserzufuhr erhöht wie schon aus den Versuchen von v. Seelhorst[1]) hervorging und durch folgende Zahlen veranschaulicht wird.

Lehm	K + P	K + P + N	3 (K + P) + 2 N
40 %	4,0	3,3	4,5
55 „	3,4	4,0	5,2
75 „	4,8	5,5	8,3

Im allgemeinen geht die Höhe des Stärkegehaltes parallel mit der Größenentwicklung der Knolle. Nach Kraft[2]) gibt Fehlen von N gegenüber Volldüngung eine Erniedrigung des Stärkegehaltes. Die Zugabe von N hat bei den Töpfen 25—30 eine Erhöhung und bei 61—66 eine Erniedrigung des Stärkegehaltes zur Folge gehabt. Sonst ist der Stärkegehalt durch N nicht beeinflußt worden. Überschuß von Phosphorsäure wirkt ungünstig auf den Stärkegehalt[3]). Diese Erscheinung zeigt sich auch hier bei der Düngung von 3 (K + P) + 2 N, verstärkt durch den erniedrigenden Einfluß einer starken Kalidüngung.

Die großen Kali- und Phosphorsäuregaben haben nicht nur erniedrigend auf den Stärkegehalt gewirkt, sondern auch die Knollengröße beeinträchtigt. Dafür ist aber die Anzahl Knollen je Staude gegenüber einer Düngung von K + P und K + P + N erhöht

[1]) FRUWIRTH, Handbuch der Pflanzenzüchtung 3, S. 28.
[2]) KRAFT, Einfluß der Nährstoffe S. 42.
[3]) Ebenda S. 42 und 43.

worden. Eine Ausnahme machen, wie schon erwähnt, die Pflanzen bei den Töpfen mit hum. Sand und mittlerer Feuchtigkeit (Nr. 85—90), bei denen die Knollenzahl je Staude erniedrigt, die Knollengröße und der Stärkegehalt in Folge der geringeren Zahl erhöht wurden.

Das Verhältnis der einzelnen Ausmaße, die Breite = 100 gesetzt, zeigt die untenstehende Tabelle. Der N hat eine Verlängerung der Form zur Folge gehabt. Die Kaliphosphatdüngung wirkt auf das Dickenwachstum günstig. Ein Einfluß der Wassermenge auf die Entwicklung der Knolle geht aus der Versuchsanordnung nicht eindeutig hervor. Wahrscheinlich bedingt die Steigerung der Wasserzufuhr keine Veränderung der Knollenform sondern nur eine Vergrößerung. Die Verschiedenheiten der Längenzahlen beim Vergleich der Töpfe mit gleicher Düngung und verschiedener Feuchtigkeit erklären sich aus einer verschiedenen Wirkungsstärke der Düngung bei wechselnder Wassermenge. Am deutlichsten zeigt dieses ein Vergleich der Versuchsreihe von 3 (K + P) + 2 N. Mit steigender Feuchtigkeit nimmt die Länge ab. Es beträgt die relative Länge bei den Töpfen mit

	Lehm	humosem Sand
bei 40 %	145	146
„ 55 „	126	135
„ 75 „	125	127

Proz. der vollen Wassserkapazität		Art der Behandlung	Länge	Breite	Tiefe
Lehm	40 %	K + P	126	100	81
		K + P + N	147	100	81
		3 (K + P) + 2 N	145	100	83
	55 %	K + P	122	100	83
		K + P + N	132	100	83
		3 (K + P) + 2 N	126	100	83
	75 %	K + P	132	100	83
		K + P + N	134	100	83
		3 (K + P) + 2 N	125	100	81
humoser Sand	40 %	(K + P)	125	100	80
		K + P + N	130	100	79
		3 (K + P) + 2 N	146	100	84
	55 %	K + P	119	100	82
		K + P + N	129	100	81
		3 (K + P) + 2 N	135	100	80
	75 %	(K + P)	132	100	83
		K + P + N	132	100	83
		3 (K + P) + 2 N	127	100	83

Bei der geringsten Feuchtigkeit gelangten die hohen K_2O und P_2O_5-Gaben nicht zur Wirkung, während der leicht lösliche Stickstoff seinen verlängernden Einfluß ausüben konnte. Bei steigender Wasserzufuhr tritt die Kaliphosphatdüngung in stärkerem Maße hervor, und die im Verhältnis dazu schwächere Stickstoffdüngung in ihrer Wirkung zurück. Die Zahlen der Versuchsreihen mit K + P + N zeigen eine gleichbleibende relative Längenentwicklung, wie es besonders bei den Töpfen mit humosem Sand der Fall ist. Es beträgt die relative Länge bei den Töpfen mit

	Lehm	humosem Sand
bei 40 %	147	130
„ 55 „	132	129
„ 75 „	134	132

Bei den Töpfen mit Lehm tritt bei der geringen Feuchtigkeit die Stickstoffwirkung noch stärker hervor. Die Versuchsreihen mit K + P zeigen bei erhöhter Feuchtigkeit ein Kürzerwerden der Form, während bei weiterer Steigerung des Wassers die Form der Knolle wieder länger wird. Die Unterschiede sind besonders auf Sand gering. Diese Erscheinung mag darauf zurückzuführen sein, daß bei mittlerer Feuchtigkeit die K + P-Düngung am stärksten zur Wirkung gekommen ist, wie auch aus der Erniedrigung des Stärkegehalts gefolgert werden kann. Es betrug nämlich der Stärkegehalt

bei	Lehm K + P	40 %	14,0 %	Stärke
„	„	55 „	12,1 „	„
„	„	75 „	13,5 „	„

Eine Betrachtung der Zahlen der K+P+N-Düngung zeigt bei verschiedener Feuchtigkeit ebenfalls die kürzeste Form bei 55 %, nur daß hier die Erscheinung in sehr viel schwächerem Grade auftritt, da die verlängernde Wirkung der N-Gabe einen Ausgleich schafft (siehe oben).

Das Dickenwachstum wird durch die Zunahme der Breite und Tiefe bedingt. Soweit die Faktoren ein stärkeres Dickenwachstum überhaupt hervorrufen und die Längenentwicklung im Verhältnis dazu zurückbleibt, drückt sich dieses Verhalten schon in den Längenzahlen aus, die wir vorher besprochen haben. Eine stärkere Tiefenentwicklung, die die Kartoffel mehr walzenförmig erscheinen läßt, scheint durch die Kali- und Phosphorsäuredüngung

und Feuchtigkeit gefördert zu werden. Doch gehen diese Verhältnisse aus den Zahlen nicht eindeutig hervor. Die Schwankung ist sehr gering, und die Zahlen liegen innerhalb der Fehlergrenzen. Die Konstanz zwischen Breite und Tiefe ist, wie sich auch bei dem Feldversuche zeigt, sehr groß und unterliegt der Beeinflussung lange nicht in dem Grade wie die Länge.

Eine Beziehung zwischen höherem Stärkegehalt und runder platter Form bezw. niedrigerem Stärkegehalt und längerer zylindrischer Form gibt Fischer[1]) an. Diese Beziehung fand er bei Auslese von Formen aus einem Bestand unter gleichen Anbaubedingungen. Es sind hier Größenunterschiede vorhanden und zwar sind die langen Knollen die schwereren. Von einer bestimmten Größe ab nimmt aber mit steigender Gewichtszunahme der Stärkegehalt ab,[2]) so daß hier zwei Faktoren gleichsinnig wirken. Das genannte Verhältnis erklärt sich aus der Art der Stärkeverteilung bei der Kartoffel. Bei dem Topfversuch kann eine Erhöhung des Stärkegehaltes bei runderer platterer Form unabhängig von der Größe der Knolle beobachtet werden. Die längsten und mehr gestreckten Formen von den Töpfen mit $3(K + P) + 2N$ und geringer Feuchtigkeit sowohl bei Lehm und humosem Sand zeigen den geringsten Stärkegehalt, während ovale Formen meist mit höherem Stärkegehalt verbunden sind.

	Lehm		humoser Sand	
	Länge	Stärkegehalt	Länge	Stärkegehalt
K + P 40 %	126	14,0 %	125	14,5 %
3(K + P) + 2N 40 % . .	145	12,3 „	146	11,3 „

Es zeigen sich hier Abweichungen. Im allgemeinen scheinen aber die Faktoren, die die kurze ovale Form begünstigen, den Stärkegehalt zu erhöhen, während die Bildung von langen Knollen mit einer Senkung des Stärkegehaltes verbunden ist.

Die Ergebnisse des Versuches mit wechselnder Feuchtigkeit zeigen folgende beiden Tabellen:

		Länge	Breite	Tiefe	Stärke
Lehm	111—116	6,563 ± 0,275	4,787 ± 0,137	3,783 ± 0,075	14.7 %
	117—122	6,508 ± 0,224	4,812 ± 0,181	4,048 ± 0,131	12,9 „
hum. Sand	123—128	6,919 ± 0,337	5,142 ± 0,171	4,073 ± 0,131	15,1 %
	129—136	6,776 ± 0,299	5,524 ± 0,240	4,557 ± 0,195	13,7 „

[1]) Fischer, „Arbeiten“ Heft 2, Leipzig.
[2]) Fruwirth, Fühling 1900, S. 94.

Lehm	111—116	137 : 100 : 79	zuerst 40 %	dann 75 %
	117—122	135 : 100 : 84	„ 75 „	„ 55 „
humoser Sand	122—128	135 : 100 : 80	zuerst 40 %	dann 75 %
	129—136	123 : 100 : 83	„ 75 „	„ 55 „

Die Tabellen zeigen den fördernden Einfluß einer erhöhten Wassermenge auf das Dickenwachstum, besonders auf die Tiefenentwicklung. Diese Erscheinung tritt besonders bei Nr. 129—136 auf, wo der starke Wassermangel in der zweiten Hälfte der Vegetationszeit das Längenwachstum behinderte. Eine spätere stärkere Wasserzufuhr vermag ein größeres Dickenwachstum nicht mehr hervorzurufen. Die Stärkezahlen sind bei den Knollen mit größerer Tiefenentwicklung erniedrigt worden, und zwar beim Lehm von 14,7 % auf 12,9 % und beim humosen Sand von 15,1 % auf 13,7 %. Der Topfversuch zeigt, daß eine Anzahl von 6 Töpfen für eine Versuchsreihe zu gering ist. Es ist der mittlere Fehler der Messungen und Zählungen zu groß. Außerdem kann eine richtige Beurteilung des Einflusses des Bodens und der Feuchtigkeit nur erfolgen, wenn keine Düngung verabfolgt wird, da einerseits der Einfluß der Düngung sehr groß ist, und die Wirkung der einzelnen Nährstoffe bei wechselnder Feuchtigkeit sich ändert.

Beeinflussung der Form der Kartoffel in dem Feldversuch.

Wenden wir uns den Ergebnissen der Messungen des Feldversuches zu, so finden wir, (siehe Tabelle S. 23) daß die Zahlen für die Streuung (s) der einzelnen Ausmaße eine verschiedene Schwankung aufweisen. Die Länge zeigt die größte Streuung, während Breite und Tiefe in absteigender Linie folgen. Durch die engere Standweite ist die Größenentwicklung der Knolle verringert worden. Die Zahlen für „Stallmist behäufelt' sind bei einer Standraumfläche von

	Länge	s	Breite	s	Tiefe	s
4000 qcm	6,92 ± 0,17	1,42	5,28 ± 0,11	0,92	4,18 ± 0,09	0,74
2000 „	6,49 ± 0,25	1,48	5,07 ± 0,16	0,95	3,93 ± 0,12	0,69
1000 „	5,77 ± 0,18	1,08	4,63 ± 0,12	0,68	3,79 ± 0,11	0,64

Ein Einfluß einer einfachen Stallmistgabe bezw. Stallmist + Mineralvolldüngung auf die Größenentwicklung ist nicht nachweisbar. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Stallmist eine

Art der Behandlung		Länge	s	Breite	s	Tiefe	s
Stalldung behäufelt	4000 qcm	6,919 ± 0,168	1,415	5,282 ± 0,107	0,922	4,177 ± 0,086	0,737
	2000 „	6,487 ± 0,254	1,477	5,074 ± 0,162	0,948	3,934 ± 0,118	0,691
	1000 „	5,773 ± 0,184	1,081	4,633 ± 0,118	0,683	3,795 ± 0,111	0,644
Stalldung unbehäufelt	4000 „	7,663 ± 0,219	1,727	5,563 ± 0,123	0,939	4,418 ± 0,099	0,789
	2000 „	6,787 ± 0,173	1,266	5,362 ± 0,117	0,866	4,239 ± 0,091	0,690
	1000 „	6,119 ± 0,166	1,079	4,953 ± 0,115	0,754	3,979 ± 0,081	0,532
Stalldung + (K + P + N) behäufelt	4000 „	7,120 ± 0,213	1,542	5,403 ± 0,123	0,893	4,305 ± 0,099	0,721
	2000 „	6,496 ± 0,199	1,346	5,013 ± 0,122	0,819	3,967 ± 0,089	0,607
	1000 „	6,251 ± 0,195	1,218	4,946 ± 0,122	0,769	3,913 ± 0,088	0,549
Stalldung + (K + P + N) unbehäufelt	4000 „	7,350 ± 0,242	1,675	5,248 ± 0,140	1,044	4,181 ± 0,100	0,758
	2000 „	6,432 ± 0,208	1,476	4,912 ± 0,135	0,954	4,014 ± 0,097	0,705
	1000 „	5,868 ± 0,245	1,465	4,524 ± 0,116	0,965	3,659 ± 0,112	0,669
ohne Stalldung behäufelt	4000 „	7,632 ± 0,191	1,639	5,545 ± 0,104	0,900	4,385 ± 0,080	0,693
	2000 „	6,369 ± 0,157	1,260	5,097 ± 0,105	0,836	4,008 ± 0,078	0,622
	1000 „	5,607 ± 0,124	0,972	4,658 ± 0,084	0,664	3,765 ± 0,072	0,562
ohne Stalldung unbehäufelt	4000 „	6,889 ± 0,223	1,695	5,133 ± 0,115	0,884	4,092 ± 0,087	0,652
	2000 „	5,991 ± 0,152	1,115	4,785 ± 0,092	0,684	3,829 ± 0,074	0,551
	1000 „	5,587 ± 0,125	0,919	4,482 ± 0,079	0,582	3,588 ± 0,069	0,514

sehr starke Entwicklung des Krautes hervorgerufen hat, das unter dem Befall durch die Kartoffelkrankheit in größerem Maße zu leiden hatte. Es ist so die weitere Entwicklung der mit Stallmist gedüngten Teilstücke im Verhältnis zu den ungedüngten oder nur mit N versorgten Teilstücken im stärkeren Grade behindert worden. Mehrfaches Behacken und Behäufelung hat auf die Größenentwicklung keinen Einfluß gehabt.

Nur bei den ohne Stallmist behandelten Teilstücken und bei größter Standweite ist durch das Behacken eine Vergrößerung der Knolle von 6,8 cm Länge auf 7,6 cm eingetreten. Die Erhöhung, die sich bei den Teilstücken „Stallmist unbehäufelt" mit einer Länge der Knollen von 7,6 cm bei weitem Standraum gegenüber „Stallmist behäufelt" mit 6,9 cm Knollenlänge zeigt, dürfte ihre Ursache in dem Umstande haben, daß das erste Beet, auf dem sich die behäufelten Parzellen befanden, am stärksten unter dem Befall der Kartoffelkrankheit gelitten hatte.

Die Verhältniszahlen in nachstehender Tabelle zeigen eine geringere Längenentwicklung der Knollen mit abnehmender Standweite, die mit dem Abnehmen des Knollengewichtes Hand in Hand geht. Bei geringer Standraumfläche wird die Kartoffel in

Art der Behandlung		
Stalldung behäufelt	4000 qcm	132 : 100 : 80
	2000 „	128 : 100 : 79
	1000 „	125 : 100 : 82
Stalldung unbehäufelt	4000 „	138 : 100 : 79
	2000 „	126 : 100 : 79
	1000 „	124 : 100 : 81
Stalldung + (K + P + N) behäufelt	4000 „	132 : 100 : 80
	2000 „	129 : 100 : 80
	1000 „	126 : 100 : 79
Stalldung + (K + P + N) unbehäufelt	4000 „	140 : 100 : 80
	2000 „	131 : 100 : 82
	1000 „	129 : 100 : 81
ohne Stalldung behäufelt	4000 „	138 : 100 : 79
	2000 „	125 : 100 : 79
	1000 „	120 : 100 : 81
ohne Stalldung unbehäufelt	4000 „	134 : 100 : 80
	2000 „	125 : 100 : 80
	1000 „	125 : 100 : 80

ihrem Wachstum behindert. Die Längenausbildung ist hier von der Größe, die die Knolle erreicht, abhängig und erklärt sich dadurch, daß die Kartoffeln bei dem engen Standraum nicht ausgewachsen sind. Dieses Abhängigkeitsverhältnis tritt sonst beim Topfversuch und im Feldversuch bei Vergleich verschiedener Versuchsreihen nicht auf.

Eine weniger intensive Bearbeitung hat auf den mit Stallmist gedüngten Teilstücken eine Verlängerung der Knollen von 132 bei „großer Standweite behäufelt" auf 138 bei „großer Standweite unbehäufelt" zur Folge gehabt. Bei den Teilstücken ohne Stallmist zeigt sich diese Erscheinung nicht. Es ist sehr wahrscheinlich, daß durch die Bearbeitung die Durchlüftung des Bodens günstig beeinflußt worden ist. Die überaus reichliche Nahrungszufuhr gewährleistete sowohl auf den nicht bearbeiteten wie bearbeiteten Stücken eine gleichmäßige Größenausbildung der Knollen. Durch die Verlängerung der Form wird eine Vergrößerung der Oberfläche erzielt. Da die Anzahl der Lentizellen je Flächeninhalt nur in geringem Grade erniedrigt ist, so erhöht sich dadurch die Lentizellenzahl je Gewichtseinheit. Es erscheint möglich, daß die Kartoffel auf diese Weise ihrem Luftbedürfnis entgegen zu kommen sucht.

Bei den ohne Stallmist gebliebenen Teilstücken ist eine Verlängerung der Form nicht eingetreten. Der Grund hierfür kann in der geringeren Größenentwicklung der Knolle bei „unbehäufelt" gesucht werden, wodurch sich die Zahl der Lentizellen je Gewichtseinheit natürlich erhöht. Es ist aber auch möglich, daß bei dem schweren Lehm, der seit Jahren keinen Stallmist erhalten hatte, die Luftführung durch eine Bearbeitung nur im geringen Maße beeinflußt worden ist. Es erklärt sich aus dem Gesagten auch die stärkere Längenentwicklung der Teilstücke ohne Stallmist mit einer relativen Länge von 138 gegenüber „Stallmist bearbeitet" von 132.

Die Ergebnisse der Versuche mit verschiedenen N Düngern und verschiedenen Bodenarten (s. Tab. S. 26) zeigen eine regelmäßige Erhöhung der Knollengröße durch eine N Düngung außer beim Gipskeuper. Die Bodenarten halten in Bezug auf die Größenentwicklung der Knollen folgende Reihenfolge ein:

Gipskeuper	mit einer	Länge	von	$8{,}00 \pm 0{,}255$ cm
Leinetal-Lehmb.	„	„	„	$7{,}75 \pm 0{,}273$ „
roter Ton	„	„	„	$7{,}43 \pm 0{,}233$ „
Buntsandstein	„	„	„	$6{,}52 \pm 0{,}235$ „

	Düngung	Länge	Breite	Tiefe	Stärke
	ohne N	6,587 ± 0,121	5,201 ± 0,089	4,136 ± 0,094	
	Salpeter	7,075 ± 0,153	5,281 ± 0,087	4,222 ± 0,075	
	Ammoniak	6,722 ± 0,134	5,148 ± 0,089	4,047 ± 0,069	
	Harnstoff	7,000 ± 0,135	5,174 ± 0,086	4,060 ± 0,062	
Leinetal-Lehmboden	ohne N	7,753 ± 0,273	5,831 ± 0,152	4,579 ± 0,103	12,7
	mit Amm.	8,806 ± 0,269	6,325 ± 0,139	4,985 ± 0,109	13,3
Buntsandstein-boden	ohne N	6,517 ± 0,235	5,049 ± 0,126	4,138 ± 0,117	15,2
	mit Amm.	7,560 ± 0,340	5,476 ± 0,189	4,446 ± 0,132	14,9
roter Ton	ohne N	7,429 ± 0,233	5,456 ± 0,149	4,318 ± 0,123	12,9
	mit Amm.	8,406 ± 0,255	6,175 ± 0,131	4,834 ± 0,114	13,2
Gipskeuper	ohne N	8,002 ± 0,255	6,163 ± 0,150	4,770 ± 0,120	13,8
	mit Amm.	7,889 ± 0,245	5,838 ± 0,137	4,504 ± 0,102	12,7

Der Stärkegehalt zeigt auf dem Buntsandsteinboden die höchste Prozentzahl mit 15,2. Ihm folgt der Gipskeuper mit 13,8 %, dem sich der rote Ton und Leinetal-Lehmboden mit 12,9 % bezw. 12,7 % anschließen.

Die N Düngung hat auf dem Leinetal-Lehm eine kleine Erhöhung, auf dem Gipskeuper eine Senkung des Stärkegehaltes zur Folge gehabt, auf dem Buntsandsteinboden und rotem Ton hat sie keinen Einfluß auf den Stärkegehalt ausgeübt.

Bei Betrachtung der Verhältniszahlen der nachstehenden Tabelle tritt die verlängernde Wirkung des N mit großer Regelmäßigkeit auf. Nur beim Rötboden fehlt diese Erscheinung.

Leinetal-Lehm ohne N . . . . . 126 : 100 : 79
mit Salpeter . . . 134 : 100 : 80
„ Ammoniak . . . 131 : 100 : 79
„ Harnstoff . . . 135 : 100 : 79

Steinkästen
Leinetal-Lehm ohne N . . . . . 133 : 100 : 79
mit Ammoniak . . . 139 : 100 : 79
Buntsandstein ohne N . . . . . 129 : 100 : 82
mit Ammoniak . . . 138 : 100 : 81
roter Ton ohne N . . . . . 136 : 100 : 79
mit Ammoniak . . . 136 : 100 : 79
Gipskeuper ohne N . . . . . 130 : 100 : 77
mit Ammoniak . . . 135 : 100 : 77

Von den verschiedenen Bodenarten hat der rote Ton die längsten Knollen mit einer relativen Länge von 136 erzeugt. Ihm folgen der Leinetal-Lehmboden mit 133 und Gipskeuper mit 130. Der Buntsandsteinboden weist die kürzeste Form mit 129 auf. Es ist hier die längere Formausbildung mit geringerem Stärkegehalt verbunden, während die kürzeste Form, die der Buntsandstein erzeugt hat, auch den höchsten Stärkegehalt zeigt. Es verhalten sich hier Stärkegehalt und Längenausbildung entgegengesetzt. Bei den vier Bodenarten läßt sich die verschiedene Längenausbildung mit dem Bestreben bei erschwerter Luftzufuhr durch Vergrößerung ihrer Oberfläche die Atemfläche zu erhöhen, in Einklang bringen. Das Verhältnis von Breite zur Tiefe schwankt im allgemeinen wenig, doch fällt in dieser Versuchsreihe die flachere Ausbildung der Knollenform im Gipskeuper auf.

Die Beeinflussung der Knollenform durch die einzelnen Bodenarten ist somit verhältnismäßig gering. Wahrscheinlich ist, daß die übernasse Witterung während der Hauptwachsperiode der Knolle den verschiedenen Einfluß der Bodenarten abgeschwächt hat. Diese Annahme findet ihre Hauptstütze in dem Vegetationsversuch, bei dem bei steigender Feuchtigkeit die Spannung zwischen den einzelnen Werten kleiner wird.

Es schwankt	beim Lehm	beim hum. Sand
bei einer Feuchtigkeit v. 40 % d. rel. Länge von	126—147	125—146
„ „ „ „ 75 „ „ „ „	125—134	127—132

Bemerkt muß hierzu werden, daß der Buntsandsteinboden stark abbindet und so die charakteristische Lockerheit eines Sandbodens nicht aufweist.

Beeinflussung der Augenzahl im Topf- und Feldversuch.

Die Augen sind die Seitensprossen der Kartoffel, die vom Nabelende ausgehend in einer aufsteigenden Spirale um die ganze Knolle herumgestellt sind. Während die Augen am Nabelteil selten sind, rücken sie von der Mitte zum Kronenteil immer näher zusammen. Nach Fruwirth[1]) steigt innerhalb einer Sorte bei Anordnung in Gruppen gleichsinnig mit der Schwere der Knolle die Augenzahl. In unseren Versuchsreihen zeigt sich diese Beziehung nicht. Die Tabelle Seite 29 bringt die Zahl

[1]) Fruwirth, Handbuch III, S. 9.

der Augen der Knolle, die relative Länge und das Gewicht der Knolle, um einen Vergleich zwischen diesen Eigenschaften zu ermöglichen. So hatte bei dem Topfversuch

	Proz.	bei einem Gewicht von g	Zahl der Augen
	Lehm.		
3 (K + P) + 2 N . . .	40	33	11,00
	55	62	10,20
	75	60	9,59
	Humoser Sand.		
K + P + N	40	64	10,33
3 (K + P) + 2 N . . .	40	30	11,89

Die Spalte „Prozent" gibt die Zahl Augen am Kronendrittel in Prozent der Gesamtzahl Augen an. Die Verteilung der Augen zeigt nur geringe Unterschiede, die in keinem Verhältnis zu den einzelnen Faktoren stehen. Die Augenbildung wird von der Luftführung im Boden beeinflußt. Bei den Töpfen mit Lehm zeigt sich diese Erscheinung ganz deutlich. Mit steigender Feuchtigkeit und geringerer Luftführung fällt die Augenzahl je Knolle von 11,48 im Durchschnitt bei 40 % Feuchtigkeit auf 10,00 bei 75 %. Bei dem humosen Sand, der eine leichtere Durchlüftung gestattet als der Lehm, tritt diese Erscheinung nicht auf. Außer der Luftführung scheinen die Faktoren, die das Längenwachstum fördern, die Augenanzahl zu erhöhen. Das Längenwachstum findet in der Jugend der Knolle durch Neubildung von Zellen an der Endknospe statt, solange diese noch meristemartigen Charakter hat. Es ist erklärlich, daß mit stärkerer Zellbildung der Vegetationsspitze eine stärkere Augenbildung bei genügender Luftzufuhr Hand in Hand geht. Bei den Töpfen mit Lehm und geringer Feuchtigkeit hat der N trotz seiner verlängernden Wirkung eine Mehrbildung von Augen nicht mehr hervorbringen können, während dies bei mittlerer und hoher Feuchtigkeit der Fall ist. Es betrug die Anzahl Augen auf

		Lehm	humosem Sand
K + P	40 %	11,55	11,69
K + P + N . .	40 „	11,77	10,33
K + P	55 „	10,73	10,07
K + P + N . .	55 „	11,81	11,24
K + P	75 „	10,10	11,33
K + P + N . .	75 „	10,53	11,11
K + P + N zuerst	40 „ dann 75 %	11,43	12,73
K + P + N „	75 „ dann 55 „	11,92	10,05

	Proz. der vollen Wasserkapazität	Art der Behandlung	Augen	Proz. Anteil Augen	Länge	Gewicht
Lehm	40%	K + P . . .	11,555 ± 0,814	78	126	48
		K + P + N .	11,770 ± 0,850	78	147	59
		2 (K + P) + 2 N	11,000 ± 0,524	78	145	33
	55%	K + P . . .	10,734 ± 0,578	78	122	87
		K + P + N .	11,813 ± 0,453	77	132	93
		2 (K + P) + 2 N	10,200 ± 0,483	79	126	62
	75%	K + P . . .	10,100 ± 0,706	81	132	67
		K + P + N .	10,526 ± 0,427	80	134	65
		2 (K + P) + 2 N	9,593 ± 0,337	80	125	60
humoser Sand	40%	K + P . . .	11,692 + 0,844	79	125	51
		K + P + N . .	10,333 ± 0,691	79	130	64
		3 (K + P) + 2 N	11,889 ± 0,292	78	146	30
	55%	K + P . . .	10,065 ± 0,332	80	119	52
		K + P + N .	11,240 ± 0,507	81	129	65
		3 (K + P) + 2 N	12,400 ± 0,540	79	135	123
	75%	K + P . . .	11,333 ± 0,347	79	132	74
		K + P + N .	11,111 ± 0,505	80	132	89
		3 (K + P) + 2 N	11,314 ± 0,279	80	127	61
Lehm . .	zuerst 45%	K + P + N	11,428 + 0,262	77	137	47
hum. Sand	dann 75 „		11,916 + 0,601	80	135	57
Lehm . .	zuerst 75 „	K + P + N	12,731 + 0,489	81	135	79
hum. Sand	dann 55 „		10,05 + 0,336	86	123	92

Bei den Töpfen mit humosem Sand zeigt die niedere Feuchtigkeit ein abweichendes Verhalten, während bei der mittleren Feuchtigkeit mit steigendem Längenwachstum die Augenzahl zunimmt. Bei der hohen Feuchtigkeit, die nur einen geringen Unterschied im Längenwachstum zeigt, ist auch die Augenzahl je Knolle nicht verändert worden.

Bei wechselnder Feuchtigkeit fällt bei den Töpfen mit humosem Sand die geringere Augenzahl von 10,05 gegenüber 12,73, bei verringerter Längenentwicklung von 123 gegenüber 135 auf.

Bei dem Feldversuch zeigt sich die Beziehung zwischen vermehrter Augenbildung und einem stärkerem Längenwachstum nur bei den Versuchsreihen mit verschiedenen Standweiten, die sich aus der behinderten Entwicklung der Knollen bei kleinerer Standraumfläche erklärt. Ein Vergleich gleicher Standweite be-

hackt und unbehackt (siehe folgende Tabelle) zeigt für unbehackt eine Verminderung der Augenzahl trotz längerer Formbildung. Wie schon ausgeführt, ist das verstärkte Längenwachstum wahrscheinlich durch die geringere Luftführung verursacht und erklärt so die geringere Augenzahl trotz gesteigerten Längenwachstums. Auffallend ist die größere Anzahl Augen bei den Knollen der Teilstücke ohne Stallmist mit 11,31 gegenüber den Stallmistteilstücken mit 9,60 Augen. Es ist möglich, daß eine stärkere Wüchsigkeit des Krautes, wie sie bei den mit Stallmist behandelten Teilstücken auffallend war, die Anlage von Augen beeinträchtigte. Diese Erscheinung findet sich häufig im Pflanzenreich.

Art der Behandlung		Augen	Proz. Anteil Augen	Länge	Gewicht
Stalldung behäufelt	4000 qm	9,542 ± 0,274	73	132	70
	2000 „	9,012 ± 0,296	73	128	67
	1000 „	8,235 ± 0,338	75	125	43
Stalldung unbehäufelt	4000 pm	9,378 ± 0,264	68	138	85
	2000 „	8,457 ± 0,252	72	126	75
	1000 „	8,491 ± 0·279	73	124	50
Stalldung + (K + P + N) behäufelt	4000 qm	9,856 ± 0,328	68	132	76
	2000 „	9,081 ± 0,285	73	129	61
	1000 „	8,775 ± 0,336	73	126	55
Stalldung + (K + P + N) unbehäufelt	4000 qm	8,132 ± 0,243	65	140	77
	2000 „	7,351 ± 0,238	67	131	61
	1000 „	7,597 ± 0,317	70	129	45
ohne Stalldung behäufelt	4000 qm	11,311 ± 0.316	74	138	103
	2000 „	9,341 ± 0,252	78	125	64
	1000 „	8,875 ± 0,232	79	120	53
ohne Stalldung unbehäufelt	4000 qm	10,433 ± 0,333	75	134	79
	2000 „	9,415 ± 0,301	78	125	56
	1000 „	8,774 ± 0,250	78	125	40

Bei den Versuchen mit verschiedenem N-Dünger und verschiedenen Bodenarten (Tabelle S. 31) ist die Augenzahl nicht erhöht worden. Es hat das gesteigerte Längenwachstum infolge zu geringer Luftführung zu keiner vermehrten Augenbildung geführt. Es finden sich zwei Ausnahmen bei dem Buntsandsteinboden und roten Ton, bei denen nach N-Gabe eine erhöhte Augenzahl vorhanden ist. Es beträgt die Augenzahl für

	Buntsandstein	roter Ton
ohne N	10,807 ± 0,327	10,725 ± 0,268
mit N	12,805 ± 0,508	12,070 ± 0,319

	Augen	Proz. Anteil Augen	Länge	Gewicht
ohne N	11,467 ± 0,348	76	126	69
Salpeter	11,210 ± 0,264	79	134	71
Ammoniak	10,377 ± 0,237	79	131	70
Harnstoff	11,402 ± 0,248	74	135	75
Leinetallehm ohne N	12,021 ± 0,368	76	133	113
Leinetallehm mit Ammoniak	11,695 ± 0,375	77	139	147
Buntsandstein ohne N	10,807 ± 0,327	77	129	70
Buntsandstein mit Ammonink	12,805 ± 0,508	75	138	105
roter Ton ohne N	10,725 ± 0,268	77	136	95
roter Ton mit Ammoniak	12,070 ± 0,319	75	136	150
Gipskeuper ohne N	11,800 ± 0,317	74	130	113
Gipskeuper mit Ammoniak	11000 ± 0,386	74	135	147

Die Differenz beträgt für den Buntsandstein $2{,}0 \pm 0{,}6$ und für den roten Ton $1{,}45 \pm 0{,}41$. In beiden Fällen übersteigt die Differenz ihren dreifachen mittleren Fehler. Auf dem erstgenannten Boden steht die vermehrte Augenbildung nach N-Düngung im Einklang mit der sehr starken N-Wirkung, die sich hier bemerkbar macht und der etwas günstigeren Luftführung, die sich auch in der kürzesten Formbildung gegenüber den anderen Bodenarten zeigt. Doch bleibt das Verhalten des roten Tones in dieser Hinsicht ungeklärt, zumal die Formausbildung auch nicht durch N-Zufuhr beeinflußt ist.

Beeinflussung der Kartoffelschale und der Lentizellen.

Die Epidermis der jungen Kartoffelknolle wird schon, ehe sie kaum Erbsengröße erreicht hat, durch das Periderm, die Schale ersetzt.[1]) Die Entstehung des Periderms wird durch die Ausbildung des Phellogens oder des Korkkambiums eingeleitet. Ausführliches findet sich hierüber bei DE VRIES und ESMARCH.[1]) Die Korkzellen haben eine abgeflachte tafelförmige Gestalt. Sie haben für die einzelnen Sorten charakteristische Ausmaße und kommen in bestimmter Anzahl von Zellagen vor. Für die Untersuchungen der Schale wurde das Mittel aus 30 Messungen und Zählungen nach dem Vorgange von KREITZ[2]) zugrunde gelegt.

[1]) DE VRIES, Landwirtsch. Jahrbücher 1878, S. 641 und ESMARCH, Beiträge landwirtsch. Jahrbücher 1919, S. 237.

[2]) KREITZ, Untersuchungen über die Schale. Arb. d. K. B. Anstalt 1908, Bd. 6, S. 7.

Es gelangten von jeder Versuchsreihe 10 Knollen zur Untersuchung, von denen je 3 Ausschnitte an verschiedenen Stellen des Nabelendes entnommen wurden.

Nach ESMARCH[1]) ist es zweifelhaft, ob man jeder Sorte eine charakteristische Schalendicke zuschreiben darf. SORAUER[2]) stellte eine große Variabilität der Schale innerhalb einer Sorte fest, doch läßt sich nach ihm ein charakteristisches Mittel angeben. KREITZ[3]) fand, daß die Schalenentwicklung von äußeren Verhältnissen derart beeinflußt wird, daß eine bestimmte Schalendicke für eine Sorte sich nicht angeben läßt. Als für die Ausbildung der Schale wichtige Faktoren fand KREITZ Bodenverhältnisse, Feuchtigkeit und Düngung. Er stellte fest, daß die einzelnen Sorten durch verschiedene Böden in verschiedener Weise beeinflußt wurden, ebenso zeigten sie auf demselben Boden durch Witterungseinflüsse eine verschiedene Ausbildung der Schale. Seine Versuche mit verschiedenen Bodenarten zeigen aber nicht nur den Einfluß des Bodens, sondern auch der Witterung, da auf den verschiedenen Gütern die Witterungseinflüsse nicht dieselben gewesen sind. Nach KREITZ[4]) scheint es aber möglich, daß selbst vorübergehende Witterungseinflüsse für die Ausbildung der Schale von Bedeutung sein können. Unsere Untersuchungen in den Steinkästen mit verschiedenen Bodenarten weisen keine Unterschiede auf:

Bodenart	Schalendicke in	Zellagen	Länge der Korkzellen
	μ		μ
Leinetallehm	$120{,}6 \pm 1{,}930$	$8{,}693 \pm 0{,}194$	$61{,}5 \pm 0{,}845$
Buntsandsteinboden . .	$117{,}0 \pm 1{,}753$	$8{,}182 \pm 0{,}088$	$63{,}2 \pm 1.021$
roter Ton	$121{,}0 \pm 2{,}320$	$8{,}640 \pm .0{,}169$	$65{,}2 \pm 0{,}653$
Gipskeuper	$121{,}2 \pm 1{,}770$	$8{,}536 \pm 0{,}185$	$64{,}2 \pm 0{,}987$

Wie schon erwähnt, scheint die große Nässe des Versuchsjahres auch bei der Ausbildung der Schale die Unterschiede der einzelnen Bodenarten verwischt zu haben. Ob der Einfluß des Bodens mehr auf seinen physikalischen oder chemischen Eigenschaften beruht, ist noch unentschieden. Wahrscheinlich ist, daß beide Faktoren daran beteiligt sind. Die Bedeutung der ersteren,

[1]) ESMARCH a. a. O., S. 242.
[2]) SORAUER, 1871, S. 510—527.
[3]) KREITZ a. a. O., S. 14.
[4]) a. a. O. S. 22.

besonders der Durchlüftung glauben Esmarch[1]) und Kreitz[2]) aus den Versuchen Sorauers[3]) entnehmen zu können, bei denen tiefgebaute Kartoffeln eine geringere Schale aufwiesen als auf Hügeln gepflanzte, und tief gelegte Knollen im flachen Lande dünnschaligere Kartoffeln hervorbrachten als höher gelegte.

Über den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Schalenentwicklung liegen in der Literatur widersprechende Angaben vor. Sorauer[4]) fand bei gleichen Sorten im trocknen Jahre 1868 dickere Schalen als im feuchteren Jahre 1869. Kreitz[5]) kam bei einem entsprechenden Versuch in den Jahren 1905 und 1906, bei denen das letztere Jahr feuchter war, zu dem entgegengesetzten Ergebnis. In seinem Versuch mit Töpfen, von denen ein Teil extrem feucht und ein Teil trocken gehalten wurde, beobachtete Kreitz eine Vermehrung der Zellagen und eine Verdickung der Schale. Esmarch[6]) glaubt im allgemeinen eine Förderung des Wachstums der Schale durch Feuchtigkeit annehmen zu können. Mit den letztgenannten Versuchen von Kreitz stimmen meine Beobachtungen überein. Es erzielten

	Schalendicke	Zellagen	Länge der Korkzellen
	μ		μ
K + P 40 %	118,8 ± 1,404	6,836 ± 0,093	68,5 ± 0,709
K + P 75 %	127,2 ± 2,120	7,503 ± 0,122	69,0 ± 0,794
K + P + N 40 % . .	107,2 ± 1,631	6,569 ± 0,118	65,0 ± 0,661
K + P + N 75 % . .	120,2 ± 2,170	7,700 ± 0,098	69,2 ± 0,655

Es hat eine Vermehrung der Zellagen um 0,7 bezw. 1,14 und eine Verdickung der Schale um 9 μ bezw. 13 μ stattgefunden.

Einen Einfluß der Düngung auf die Schalenentwicklung stellte schon Sorauer fest, der auf frisch gedüngtem Boden dünnschaligere Knollen beobachtete als auf altgedüngtem.[7]) Kreitz[8]) fand, daß die Mineraldünger eine Verringerung der Zahl der Zellagen und der Gesamtdicke der Schale zur Folge hatten, nur Superphosphat zeigte eine Verstärkung. Aus obiger Tabelle ist

[1]) a. a. O. S. 240.
[2]) Kreitz, a. a. O. S. 3.
[3]) Sorauer, Kartoffeluntersuchungen 1871, S. 510—527.
[4]) Kreitz, S. 3. Esmarch, S. 241.
[5]) a. a. O. S. 21.
[6]) a. a. O. S. 241.
[7]) Sorauer 1871.
[8]) a. a. O. S. 13.

ersichtlich, daß die N-Düngung eine Verringerung der Schalendicke von 118,8 μ auf 107,2 μ bei den Töpfen mit geringer Feuchtigkeit und von 127,2 μ auf 120,2 μ bei hoher Feuchtigkeit zur Folge gehabt hat, während die Anzahl der Zellagen nicht oder nur in sehr geringem Grade verändert worden ist. Ein ähnliches Bild zeigt der Feldversuch.

Göttinger Versuchsfeld	Schalendicke μ	Zellagen	Länge der Korkzellen μ
ungedüngt	107,3 $\pm$ 1,872	7,267 $\pm$ 0,131	65,3 $\pm$ 0,723
mit Ammoniak . . .	106,2 $\pm$ 2,167	7,071 $\pm$ 0,149	67,2 $\pm$ 0,812

Es ist ein Unterschied insofern vorhanden, als die ungedüngten wie auch die mit N gedüngten Kartoffeln auch in der Schalendicke nicht abweichen.

Eine Verlängerung der Korkzellen, wie sie KREITZ[1]) nach Salpeterdüngung erhielt, ist hier nicht aufgetreten.

Bei der Umwandlung der Epidermis der Kartoffelknolle in das Periderm, findet durch Zellwucherungen eine Umwandlung der Spaltöffnungen statt. Sie entwickeln sich zu den Lentizellen, wie sie ebenso an älteren oberirdischen Teilen vorkommen. Eine genaue Beschreibung des Baus und der Entwicklung der Lentizelle gibt ESMARCH in seinem öfters zitierten Werk (S. 244). Die Lentizellen dienen dem Gaswechsel der Knolle. Die Kartoffel hat ein großes Luftbedürfnis, das auf schwerem Boden nicht in genügendem Maße befriedigt wird. Es liegt nun der Gedanke nahe, daß Zahl und Ausbildung der Lentizellen behindert wird, und hiermit eine herabgesetzte Atemtätigkeit die Folge ist, die die Lebensenergie der Knolle beeinträchtigt und zu den Abbauerscheinungen führen kann.

Zunächst seien einige Angaben über die Zahl der Lentizellen gemacht. Nach ESMARCH[2]) sind die Lentizellen „regellos und in beschränkter Anzahl über die Oberfläche zerstreut". Um ein Bild der Art der Verteilung der Lentizellen auf der Oberfläche zu erhalten, wurden die Lentizellen auf einer Fläche von $1^1/_2$ qcm gezählt. Es wurden an jeder Knolle je 3 Zählungen am Nabelende, in der Mitte und am Kronenteil gemacht. Zur Untersuchung

[1]) a. a. O. S. 24.
[2]) a. a. O. S. 244.

gelangten immer je 10 Knollen einer Versuchsserie, so daß die Zahlen Durchschnittswerte von 30 Messungen bilden.

Die Zahl der Lentizellen je Flächeneinheit ist am Nabel am größten, in der Mitte am geringsten und nimmt am Kronenende wieder etwas zu.

Versuchsreihe	I	II	III	IV
Am Nabel . . .	6,6	5,2	5,1	5,3
In der Mitte . .	3,7	3,5	2,9	3,7
An der Krone . .	3.9	4,4	3,6	6,4

Die Zahlen der Reihen III und IV sind Knollen derselben Versuchsserie, in Gruppen mit Knollen von 175 g Durchschnittsgewicht und solche von 66 g eingeteilt. Es zeigt sich eine gleich große Anzahl Lentizellen am Nabelende bei den großen und kleinen Knollen, in der Mitte ist die Zahl bei den kleinen Kartoffeln etwas erhöht, während sie am Kronenteil der kleinen Knollen sehr viel zahlreicher vorhanden sind, die Höhe der Anzahl am Nabelende sogar übersteigen.

Diese Erscheinung erklärt sich aus dem geringeren Wachstum der kleingebliebenen Knollen, das im größten Maße am Kronenende stattfindet. Die Größe der Lentizellen ist am Kronenende im Durchschnitt am kleinsten. Es wurden für die Untersuchungen deshalb die Lentizellen am Nabelende und möglichst gleich große und ausgewachsene Knollen gewählt.

Bei den Topfversuchen zeigt sich die größte Zahl der Lentizellen bei geringer Feuchtigkeit. Es findet anscheinend eine vermehrte Lentizellenbildung durch Luftzufuhr statt.

		Lentizellen	Feldversuch	Lentizellen
K + P	40%	13,3	ohne N	6,5
K + P	75 „	9,5	Ammoniak	7,1
K + P + N	40 „	14,8	Salpeter	5,8
K + P + N	75 „	10,3	Harnstoff	6,5

Der N hat bei dem Topfversuch eine geringe Erhöhung der Lentizellenzahl je Flächeneinheit bewirkt, die beim Feldversuch ausgeblieben ist. Da aber durch den N eine Verlängerung der Form erfolgt ist, so findet sich auch hier für die Gewichtseinheit eine größere Lentizellenzahl gegenüber ungedüngt. Ein Vergleich der Stallmistteilstücke mit denen ohne Stallmist zeigt bei den ersteren eine höhere Anzahl von Lentizellen, die auf eine bessere Durchlüftung dieser Teilstücke zurückzuführen ist.

ohne Stallmist		mit Stallmist	
behäufelt . .	5,7	behäufelt . .	6,7
unbehäufelt .	5.3	unbehäufelt .	6,1

Eine Bearbeitung (Hacken und Häufeln) während der Vegetationszeit hat die Lentizellenzahl etwas erhöht.

Bei den verschiedenen Bodenarten zeigt der Leinetal-Lehmboden eine etwas geringere Lentizellenbildung aus dem Grunde, weil er derjenige Boden war, der am leichtesten zum Verschlemmen neigte. Die übrigen Bodenarten haben Unterschiede nicht bewirkt.

Leinetal-Lehm	5,5
Buntsandstein	6,2
roter Ton	6,5
Gipskeuper	6,3

Die Form der Lentizellen ist in der Aufsicht „länglich, rundlich oder unregelmäßig“ (ESMARCH S. 244). Es ist von Interesse, das Verhältnis von Breite zur Tiefe der Lentizellen festzustellen, um zu sehen, ob eine verschiedene Ausbildung der Lentizellen nach dieser Richtung hin erfolgt. Gemessen wurde die Tiefe von der Oberfläche bis einschließlich des Lentizellenkambiums. Es ist nur so eine Abgrenzung möglich, da die Korkrindenzellen, die vom Korkkambium nach innen abgegeben werden und sich durch eine mehr oder weniger radiale Anordnung auszeichnen, allmählich in das Rindenparenchym übergehen, und eine genaue Abgrenzung kaum ermöglichen. Das Verhältnis der Breite zur Tiefe, die Tiefe = 100, schwankt zwischen 200 und 240, ohne eine Regelmäßigkeit hinsichtlich der Einwirkung einzelner Faktoren zu zeigen, wie sich aus folgenden Zahlen ergibt:

	absolute Länge in $\mu \pm$ m		relative Breite Tiefe = 100
K + P 40%	600 ± 18		239
K + P + N 40% . .	570 ± 26		190
K + P 75%	870 ± 45		217
K + P + N 75% . .	880 ± 36		203
	M	s[1])	
Göttinger Lehm . . .	1130	169	220
Buntsandstein	1220	268	210
roter Ton	985	232	202
Gipskeuper	975	185	232

[1]) Es wurde bei den verschiedenen Bodenarten die Streuung (s) angegeben, um die große Variabilität der Größenausbildung der Lentizellen zu veranschaulichen.

Die Größe der Lentizellen geht nach Esmarch[1]) bis zu 1,2 mm, ich fand bis 1,6 mm große Lentizellen. Die Größenausbildung hängt von der Feuchtigkeit ab und schwankt sehr. Bei dem Feldversuche konnte in diesem Jahre die Wucherung der Lentizellen, die sich bei großer Feuchtigkeit bildet und den Öffnungen als zarte weiße Häufchen entquillt, häufig beobachtet werden.

Außer der Beeinflussung der Größe und Zahl treten gewisse Veränderungen der Lentizellen bei steigender Feuchtigkeit auf. Bei geringer Feuchtigkeit erhebt sich die Lentizelle kaum über die Schalenoberfläche und steht nur durch eine kleine Öffnung mit der Außenwelt in Verbindung. Bei steigender Feuchtigkeit zeigen die Lentizellen im Querschnitt das Bild eines Kraters. Die Schale wird vorgewölbt und am Rande der Öffnung nach außen gerollt, so daß das Grübchen vergrößert wird. Bei stauender Nässe gehen die Lentizellen dann in jene Zellwucherungen über, wie sie de Vries[2]) schon beschrieb.

Eine Untersuchung der Schale und Lentizellen bei den Knollen der Töpfe mit humosem Sand konnte nicht erfolgen, da die Kartoffeln stark mit Schorf befallen waren.

Schluß.

Eine zusammenfassende Betrachtung aller Einzelergebnisse läßt folgende Schlußfolgerungen zu. Die Form der Kartoffel zeigt innerhalb einer Versuchsreihe mit dem Steigen des Gewichtes eine Verlängerung der Form. Es kann durch Ernährungseinflüsse die Form der Knolle modifiziert werden, und zwar zeigt sich die Formausbildung unabhängig von der Größenentwicklung. Als formverändernder Faktor ist der N erkannt, der eine Verlängerung der Kartoffel hervorruft. Eine Kaliphosphatdüngung und höhere Feuchtigkeit fördern das Dickenwachstum. Der Einfluß des Bodens auf die Form wird wahrscheinlich durch seine Luftführung in starkem Maße bedingt und zwar in dem Sinne, daß ein Boden mit besserer Durchlüftung eine kürzere Form erzeugt. Der Buntsandsteinboden brachte die kürzeste Form, während die schwereren Bodenarten die Form verlängerten. Dieselbe Erscheinung tritt

[1]) a. a. O. S. 244.
[2]) a. a. O., S. 645.

bei den mit Stallmist gedüngten Parzellen auf. Es hat Bearbeitung während der Vegetationszeit eine kürzere Form gebracht, und Stallmist erzeugt eine kürzere Form als ungedüngt. Die Beziehung, die Fischer[1]) zwischen langer zylindrischer Form und niedrigem Stärkegehalt und kurzer platter Form und hohem Stärkegehalt festgestellt hat, hat sich fast regelmäßig bestätigt. Die Größe der Lentizellen wird durch erhöhte Wasserzufuhr gesteigert. Bei stauender Nässe gehen sie schließlich in Wucherungen über. Die Tiefenentwicklung der Lentizellen hat keine Beziehung zu den untersuchten Faktoren gezeigt.

[1]) Fischer, Arbeiten Heft 2. Leipzig.

Literatur.

Dr. F. Caspary, Über die Spaltöffnungen der Kartoffel. Botanische Zeitung 1857, S. 116.

Dr. F. Esmarch, Beiträge zu Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze. Landwirtschaftliche Jahrbücher. Zeitschrift für wissenschaftliche Landwirtschaft. Bd. 54, 1919.

C. Fruwirth, Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung III, 1922.

Dr. A. Kraft, Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel. Arbeiten des Erforschungsinstitutes für Kartoffelbau. Heft 3, 1920.

Dr. W. Kreitz, Untersuchungen über die Schale verschiedener Kartoffelsorten und ihre Beeinflussung durch Bodenverhältnisse, Feuchtigkeit und Düngung, Arbeiten der Kaiserlichen Biol. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft. 1908, Bd. VI.

Dr. K. Snell, Kartoffelsorten. Arbeiten des Forschungsinstutes für Kartoffelbau.

de Vries, Keimungsgeschichte des Kartoffelsamens S. 19—39. — Keimungsgeschichte der Kartoffelknollen S. 217—249. — Wachstumsgeschichte der Kartoffelpflanze S. 591—682. Landwirtschaftliche Jahrbücher 1878.

C. Fruwirth, Gegenseitige Beziehungen einzelner Eigenschaften bei Kartoffelpflanzen und Kartoffelknollen innerhalb derselben Sorte. Fühlings landwirtschaftliche Zeitung 1900.

Sorauer, Kartoffeluntersuchungen. Neue landwirtschaftliche Zeitung XX, 1871. S. 510—527.

Druck von Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) in Langensalza.